

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09163761  
PUBLICATION DATE : 20-06-97

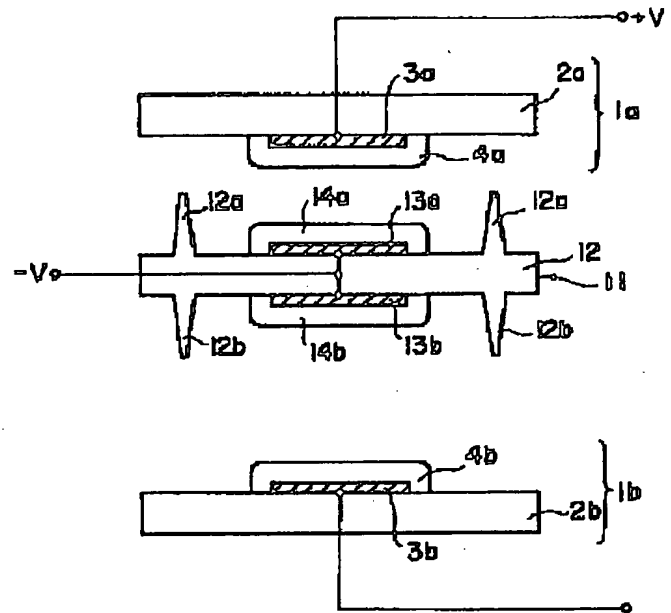
APPLICATION DATE : 07-12-95  
APPLICATION NUMBER : 07319329

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : SUZUMORI KOICHI;

INT.CL. : H02N 1/00

TITLE : ELECTROSTATIC ACTUATOR AND ITS  
DRIVING METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To realize the satisfactory and stable driving of a mover by a method wherein protrusions are provided on one of the facing surfaces of first and second main parts which face each other.

SOLUTION: Fine protrusions 12a and 12b are provided on the surfaces of the main part 12 of a mover 11. The height of the protrusion 12a is larger than the summation of the total thickness of the electrode 3a and the insulating film 4a of a stator 1a and the total thickness of the electrode 13a and the insulating film 14a of the mover 11 and the height of the protrusion 12b is larger than the summation of the total thickness of the electrode 3b and the insulating film 4b of a stator 1b and the total thickness of the electrode 13b and the insulating film 14b of the mover 11. With this constitution, even if a voltage +V volt is applied to one of the electrodes 3a and 3b of the stators 1a and 1b and a voltage -V volt is applied to the electrodes 13a and 13b of the mover 11, the mover 11 does not touch the stator 1a or the stator 1b and a static charge phenomenon can be avoided. As a result, the satisfactory and stable driving of the mover can be realized.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

128004 6. 007 4.  
77-010012-0

1. *Chlorophyll a* (Chl *a*)  
 2. *Chlorophyll b* (Chl *b*)  
 3. *Chlorophyll c* (Chl *c*)  
 4. *Chlorophyll d* (Chl *d*)  
 5. *Chlorophyll e* (Chl *e*)  
 6. *Chlorophyll f* (Chl *f*)  
 7. *Chlorophyll g* (Chl *g*)  
 8. *Chlorophyll h* (Chl *h*)  
 9. *Chlorophyll i* (Chl *i*)  
 10. *Chlorophyll j* (Chl *j*)  
 11. *Chlorophyll k* (Chl *k*)  
 12. *Chlorophyll l* (Chl *l*)  
 13. *Chlorophyll m* (Chl *m*)  
 14. *Chlorophyll n* (Chl *n*)  
 15. *Chlorophyll o* (Chl *o*)  
 16. *Chlorophyll p* (Chl *p*)  
 17. *Chlorophyll q* (Chl *q*)  
 18. *Chlorophyll r* (Chl *r*)  
 19. *Chlorophyll s* (Chl *s*)  
 20. *Chlorophyll t* (Chl *t*)  
 21. *Chlorophyll u* (Chl *u*)  
 22. *Chlorophyll v* (Chl *v*)  
 23. *Chlorophyll w* (Chl *w*)  
 24. *Chlorophyll x* (Chl *x*)  
 25. *Chlorophyll y* (Chl *y*)  
 26. *Chlorophyll z* (Chl *z*)  
 27. *Chlorophyll aa* (Chl *aa*)  
 28. *Chlorophyll ab* (Chl *ab*)  
 29. *Chlorophyll ac* (Chl *ac*)  
 30. *Chlorophyll ad* (Chl *ad*)  
 31. *Chlorophyll ae* (Chl *ae*)  
 32. *Chlorophyll af* (Chl *af*)  
 33. *Chlorophyll ag* (Chl *ag*)  
 34. *Chlorophyll ah* (Chl *ah*)  
 35. *Chlorophyll ai* (Chl *ai*)  
 36. *Chlorophyll aj* (Chl *aj*)  
 37. *Chlorophyll ak* (Chl *ak*)  
 38. *Chlorophyll al* (Chl *al*)  
 39. *Chlorophyll am* (Chl *am*)  
 40. *Chlorophyll an* (Chl *an*)  
 41. *Chlorophyll ao* (Chl *ao*)  
 42. *Chlorophyll ap* (Chl *ap*)  
 43. *Chlorophyll aq* (Chl *aq*)  
 44. *Chlorophyll ar* (Chl *ar*)  
 45. *Chlorophyll as* (Chl *as*)  
 46. *Chlorophyll at* (Chl *at*)  
 47. *Chlorophyll au* (Chl *au*)  
 48. *Chlorophyll av* (Chl *av*)  
 49. *Chlorophyll aw* (Chl *aw*)  
 50. *Chlorophyll ax* (Chl *ax*)  
 51. *Chlorophyll ay* (Chl *ay*)  
 52. *Chlorophyll az* (Chl *az*)  
 53. *Chlorophyll aza* (Chl *aza*)  
 54. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 55. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 56. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 57. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 58. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 59. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 60. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 61. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 62. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 63. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 64. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 65. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 66. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 67. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 68. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 69. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 70. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 71. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 72. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 73. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 74. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 75. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 76. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 77. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 78. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)  
 79. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*  
 80. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 81. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 82. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 83. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 84. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 85. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 86. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 87. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 88. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 89. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 90. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 91. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 92. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 93. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 94. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 95. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 96. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 97. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 98. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 99. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 100. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 101. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 102. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 103. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 104. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)  
 105. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*  
 106. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 107. *Chlorophyll acz* (Chl *acz*)  
 108. *Chlorophyll adz* (Chl *adz*)  
 109. *Chlorophyll aez* (Chl *aez*)  
 110. *Chlorophyll afz* (Chl *afz*)  
 111. *Chlorophyll agz* (Chl *agz*)  
 112. *Chlorophyll ahz* (Chl *ahz*)  
 113. *Chlorophyll aiz* (Chl *aiz*)  
 114. *Chlorophyll ajz* (Chl *ajz*)  
 115. *Chlorophyll akz* (Chl *akz*)  
 116. *Chlorophyll alz* (Chl *alz*)  
 117. *Chlorophyll amz* (Chl *amz*)  
 118. *Chlorophyll anz* (Chl *anz*)  
 119. *Chlorophyll aoz* (Chl *aoz*)  
 120. *Chlorophyll apz* (Chl *apz*)  
 121. *Chlorophyll aqz* (Chl *aqz*)  
 122. *Chlorophyll arz* (Chl *arz*)  
 123. *Chlorophyll asz* (Chl *asz*)  
 124. *Chlorophyll atz* (Chl *atz*)  
 125. *Chlorophyll auz* (Chl *auz*)  
 126. *Chlorophyll avz* (Chl *avz*)  
 127. *Chlorophyll awz* (Chl *awz*)  
 128. *Chlorophyll axz* (Chl *axz*)  
 129. *Chlorophyll ayz* (Chl *ayz*)  
 130. *Chlorophyll azz* (Chl *azz*)  
 131. *Chlorophyll azaa* (Chl *aza*  
 132. *Chlorophyll abz* (Chl *abz*)  
 133. *Chlor*

$$-\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-t^2}}{(x+it)^2} dt = -\frac{1}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{0}{x^2 + i0} - \frac{d}{dx} \frac{1}{x+i0} \right) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{d}{dx} \frac{1}{x+i0}$$
[illegible][illegible]

1011 1420 1500

1. RESEARCH

[illegible][illegible]

applied to the electrodes 12a and 12b of the mover 11, the mover 11 does not move in the direction of the electrodes 12a and 12b and a static charge phenomenon can be avoided. As a result, the static charge phenomenon can be avoided. As a result, the static charge phenomenon can be avoided.

Copyright Clearance Center

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-163761

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H02N 1/00

識別記号

片内整理番号

F I

H02N 1/00

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数4 O L (全8頁)

(21) 出願番号

特願平7-319329

(22) 出願日

平成7年(1995)12月7日

(71) 出願人

000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者

古賀 章 浩

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(72) 発明者

鈴 森 康 一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(74) 代理人

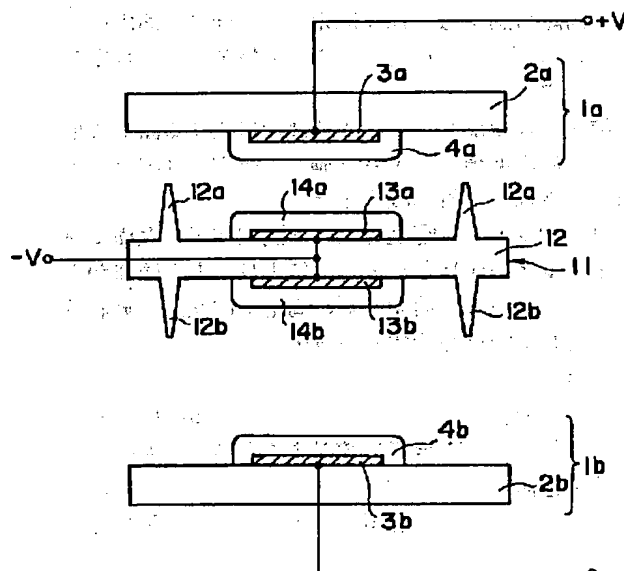
弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 静電アクチュエータ及びその駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 安定かつ良好な駆動を実現することを可能にする。

【解決手段】 第1の本体部2aと、この第1の本体部の面上に形成されて少なくとも2相の電圧が印加される複数の電極3aと、を有している固定子1aと、前記第1の本体部と対向するように配置される第2の本体部12と、この第2の本体部の、前記第1の本体部の電極が形成された面と対向する面に形成された複数の電極13aと、を有している可動子11と、を備え、前記第1および第2の本体部の対向する面の一方に突起12aが設けられていることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の本体部と、この第1の本体部の面上に形成されて少なくとも2相の電圧が印加される複数の電極と、を有している固定子と、前記第1の本体部と対向するように配置される第2の本体部と、この第2の本体部の、前記第1の本体部の電極が形成された面と対向する面に形成された複数の電極と、を有している可動子と、を備え、前記第1および第2の本体部の対向する面の一方に突起が設けられていることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項2】第1の本体部と、この第1の本体部の面上に形成されて少なくとも2相の電圧が印加される複数の電極と、この電極を覆う第1の絶縁膜と、を有している固定子と、前記第1の本体部と対向するように配置される第2の本体部と、この第2の本体部の、前記第1の本体部の電極が形成された面と対向する面に形成された複数の電極と、この電極を覆う第2の絶縁膜と、を有している可動子と、を備え、前記第1および第2の絶縁膜の少なくとも一方は導電体によって覆われていることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項3】本体部と、この本体部の対向する面上に形成される複数の電極と、を各々有し、所定の隙間をもって対向配置された一対の固定子と、前記一対の固定子間に配置され、前記固定子の電極に所定の電圧パルスが印加されることにより一方の端部から他方の端部へと順次、前記一対の固定子に交互に吸着されながら前記隙間を行進する可動子と、を備え、前記可動子は、前記固定子に対向する面内に、貫通しない穴が設けられていることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項4】本体部と、この本体部の対向する面上に形成される複数の電極と、を各々備え、所定の隙間をもって対向配置された一対の固定子と、前記一対の固定子間に配置され、前記固定子の電極に所定の電圧パルスが印加されることにより一方の端部から他方の端部へと順次、前記一対の固定子に交互に吸着されながら前記隙間を行進する可動子と、を有する静電アクチュエータにおいて、前記可動子が前記固定子の一方に吸着される際に、前記可動子が前記一方の固定子に接触する直前に、電圧を印加する電極を前記一方の固定子から他方の固定子に切り換えることを特徴とする静電アクチュエータの駆動方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は静電気力によって駆動される静電アクチュエータ及びその駆動方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体製造プロセスを利用した様々なマイクロマシン駆動用静電アクチュエータが報告されている。これら静電アクチュエータは静電気力によって駆動されるが、いずれもマイクロマシン駆動用としては必ずしも十分な性能を持つには至っていない。その原因のひとつであり、これらのアクチュエータに共通する問題点として、可動子と固定子間の摩擦の問題がある。この解決策として多くは、可動子を弾性体により支持し、可動子と固定子が接触しないよう構造をとっている。しかし、この様な構造においては可動子の移動範囲が、支持する弾性体により制限され、大きな移動範囲を実現することは困難である。

【0003】この問題を解決するために図7に示す構造の静電アクチュエータが提案されている（静電駆動型リニアマイクロアクチュエータの開発（ステッピング駆動モデルのシリコン加工プロセスによる開発）：日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'95講演論文集VOL. A pp. 402~403 (1995)）。この静電アクチュエータは、一対の固定子60a、60bと可動子71とを備えている。固定子60aは、絶縁物または極めて電気抵抗の高い材料からなる本体部62a上に2個の電極61a<sub>1</sub>、61a<sub>2</sub>を設けたものである。各電極61a<sub>i</sub>（i=1, 2）は所定のピッチをもって平行に配置された複数の平行電極部と、これらの平行電極部の一端を接続する接続用電極部とから構成される。そして電極61a<sub>1</sub>と電極61a<sub>2</sub>は互い違いとなるように1/2ピッチずれて配置されている。

【0004】また固定子60bもまた同様に絶縁物または極めて電気抵抗の高い材料からなる本体部62b上に2個の電極61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>を設けたものであり、各電極61b<sub>i</sub>（i=1, 2）は所定のピッチをもって平行に配置された複数の平行電極部と、これらの平行電極部の一端を接続する接続用電極部とから構成される。そして電極61b<sub>1</sub>と電極61b<sub>2</sub>は互い違いとなるように1/2ピッチずれて配置されている。

【0005】一方、可動子71の電極72は電極パッド65a<sub>1</sub>、65a<sub>2</sub>、65b<sub>1</sub>、65b<sub>2</sub>およびリニアガイド80とともにシリコン基板70をエッチングすることにより形成される。

【0006】一対の固定子60a、60bの電極が形成された面が対向するようにして、エッチングされたシリコン基板70を挟み込んだ後に、シリコン基板70を、図7に示す切断線90a、90b、91a、91bに沿って切断する。すると、電極パッド65a<sub>1</sub>、65a<sub>2</sub>は固定子60aの電極61a<sub>1</sub>、61a<sub>2</sub>に各々接続し、電極パッド65b<sub>1</sub>、65b<sub>2</sub>は固定子60bの電極61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>に各々接続する。また、固定子60aと固定子60bの間にはリニアガイド80等によ

て所定の隙間が形成され、この隙間を可動子71が固定子60a、60b間で交互に吸着されながら移動することになる。

【0007】なお、固定子60aの電極61a<sub>1</sub>、61a<sub>2</sub>の表面及び固定子60bの電極61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>の表面は一般に絶縁膜63a及び絶縁膜63bによって各々被覆される(図8参照)。また可動子71は電極72の表面が絶縁膜73a、73bによって被覆される(図8参照)。

【0008】次にこの静電アクチュエータの動作を図8を参照して説明する。

【0009】まず、固定子60bの電極61b<sub>2</sub>に電圧Vボルトを印加し、可動子71を下側の固定子60bの電極61b<sub>2</sub>に引きつける(図8(a)参照)。このとき可動子71の電極72及び固定子60bの電極61b<sub>2</sub>、並びに固定子60aの電極61a<sub>1</sub>、61a<sub>2</sub>には零ボルトが印加されている。

【0010】次に固定子60aの電極61a<sub>2</sub>にのみ電圧Vボルトを印加し、固定子60aの電極61a<sub>1</sub>及び固定子60bの電極61b<sub>1</sub>、61b<sub>2</sub>並びに可動子71の電極72に零ボルトを印加すると、可動子71が上側の固定子60aの電極61a<sub>2</sub>に引き上げられ、可動子71が半ピッチ分、図面上で右側に移動する(図8(b)参照)。

【0011】続いて固定子60bの電極61b<sub>1</sub>のみに電圧Vボルトを印加し、他の電極に零ボルトを印加すると、可動子71は下側の固定子60bの電極61b<sub>1</sub>に引きつけられ、可動子71が半ピッチ分右側に移動する(図8(c)参照)。

【0012】その後、固定子60aの電極61a<sub>1</sub>のみに電圧Vボルトを印加し、他の電極に零ボルトを印加すると、可動子71は更に半ピッチ分右側に移動することになる(図8(d)参照)。

【0013】このような静電アクチュエータにおいては、可動子71が固定子60a、60b間で交互に吸着されながら駆動されることにより、摺動部を持たないため、摩擦の影響が低減され、大きな駆動範囲を持っている。

【0014】【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述のような可動子71が固定子60a及び固定子60bに交互に吸着され、接触しつつ駆動される静電アクチュエータにおいては、可動子と固定子の互いに接触する表面において、接触による帯電現象が発生し、現れた電荷による静電気力の影響のため、可動子の動きを固定子の電極への印加電圧によって安定的に制御することは困難であった。例えば図8(a)に示すように固定子60bの電極60b<sub>2</sub>にVボルト、可動子71の電極72に零ボルトの電圧を印加すると、静電吸引力が発生し、固定子60bと可動子71が引きつけられて吸着する。この際、固

定子60bの表面の絶縁膜63bと可動子71の表面の絶縁膜73bが接触し、各々の絶縁膜63b、73bが帯電する。このとき上記絶縁膜63b、73bに現れる電荷の極性と電荷の量は、互いの絶縁膜63b、73bの材料特性と印加する電圧の大きさにより決定される。上記絶縁膜63b、73bに帯電による電荷が発生し、残留した場合には、図8(b)に示すように電圧Vボルトを印加する電極を、電極61b<sub>2</sub>から上側固定子60aの電極61a<sub>2</sub>に切り替えても、可動子71は下側固定子60bに吸着されたままとなり、可動子71を剥離し、上側固定子60aへ吸着することが困難となる。

【0015】これは静電吸引力の大きさが、引きつけあう電荷どうしの距離の2乗に反比例するため、帯電現象により発生した電荷の量がたとえ少なくても、吸着している下側固定子60bとの距離が可動子71を引き離そうとするための電極61a<sub>2</sub>との距離に比べて十分に短く、下側固定子60bとの吸着力がそれを剥離させる力よりも大きくなるからである。

【0016】本発明は上記事情を考慮してなされたものであって、可動子の良好かつ安定した駆動を実現することのできる静電アクチュエータ及びその駆動方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による静電アクチュエータの第1の態様は、第1の本体部と、この第1の本体部の面上に形成されて少なくとも2相の電圧が印加される複数の電極と、を有している固定子と、前記第1の本体部と対向するように配置される第2の本体部と、この第2の本体部の、前記第1の本体部の電極が形成された面と対向する面に形成された複数の電極と、を有している可動子と、を備え、前記第1および第2の本体部の対向する面の一方に突起が設けられていることを特徴とする。

【0018】また本発明による静電アクチュエータの第2の態様は、第1の本体部と、この第1の本体部の面上に形成されて少なくとも2相の電圧が印加される複数の電極と、この電極を覆う第1の絶縁膜と、を有している固定子と、前記第1の本体部と対向するように配置される第2の本体部と、この第2の本体部の、前記第1の本体部の電極が形成された面と対向する面に形成された複数の電極と、この電極を覆う第2の絶縁膜と、を有している可動子と、を備え、前記第1および第2の絶縁膜の少なくとも一方は導電体によって覆われていることを特徴とする。

【0019】また本発明による静電アクチュエータの第3の態様は、本体部と、この本体部の対向する面上に形成される複数の電極と、を各々有し、所定の隙間をもって対向配置された一対の固定子と、前記一対の固定子間に配置され、前記固定子の電極に所定の電圧パルスが印加されることにより一方の端部から他方の端部へと順

次、前記一对の固定子に交互に吸着されながら前記隙間を行進する可動子と、を備え、前記可動子は、前記固定子に対向する面内に、貫通しない穴が設けられていることを特徴とする。

【0020】また本発明による静電アクチュエータの駆動方法は、本体部と、この本体部の対向する面上に形成される複数の電極と、を各々備え、所定の隙間をもって対向配置された一对の固定子と、前記一对の固定子間に配置され、前記固定子の電極に所定の電圧パルスが印加されることにより一方の端部から他方の端部へと順次、前記一对の固定子に交互に吸着されながら前記隙間を行進する可動子と、を有する静電アクチュエータにおいて、前記可動子が前記固定子の一方に吸着される際に、前記可動子が前記一方の固定子に接触する直前に、電圧を印加する電極を前記一方の固定子から他方の固定子に切り換えることを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明による静電アクチュエータの第1の実施の形態の構成を図1に示す。この実施の形態の静電アクチュエータは、1対の固定子1a、1bと、可動子11とを備えている。固定子1aは例えばパイレックスガラス等の絶縁体からなる本体部2aと、この本体部2aの一表面上に形成された、例えばアルミニウム、チタン、金または銅等の導電性材料からなる複数個（図面上では1個）の電極3aと、この電極3aを覆う、例えばポリイミド、酸化シリコンまたは窒化シリコン等の絶縁性材料からなる絶縁膜4aとを備えている。また同様に固定子1bも、本体部2bと、この本体部2bの一表面上に形成された複数個（図面上では1個）の電極3bと、この電極3bを覆う絶縁膜4bとを備えている。そしてこれらの固定子1a、1bは電極3a、3bが形成された面が対向するように所定の隙間をもって配置される。なお、複数個の電極3a及び電極3bには少なくとも2相駆動の電圧パルスが印加される。

【0022】一方可動子11は例えばシリコン等からなる本体部12と、この本体部12の各々の面に形成された電極13a、13bと、これらの電極13a、13bを覆う絶縁膜14a、14bとを備えており、上記固定子1a、1b間の隙間に配置される。なお電極13a及び電極13bは電気的に接続されている。そして可動子11の本体部12の表面には、固定子との接触による帯電現象の発生を防止するために、微小な突起12a、12bが設けられている。

【0023】この突起12a、12bは、固定子1aの電極3a及び絶縁膜4aと、固定子1bの電極3b及び絶縁膜4bと、可動子11の電極13a、13b及び絶縁膜14a、14bとが形成されている領域と干渉しない、可動子11の本体部12の表面上の領域に設けられる。そしてこの突起12aの高さは固定子1aの電極3a及び絶縁膜4aの厚みと、可動子11の電極13a及

び絶縁膜14aの厚みとの和よりも高く、突起12bの高さは、固定子1bの電極3b及び絶縁膜4bの厚みと、可動子11の電極13b及び絶縁膜14bの厚みとの和よりも高くなるように設定されている。

【0024】上述の突起12a、12bを設けたことにより、固定子1a、1bの電極3a、3bの一方に電圧+Vボルトを印加し、可動子11の電極13a、13bに電圧-Vボルトを印加しても可動子11が固定子1aまたは固定子1bに接触することがなくなり、帯電現象の発生を防止することが可能となる。これにより可動子の良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【0025】なお、上記実施の形態の静電アクチュエータにおいては、突起12a、12bは可動子11側に設けたが、固定子1a、1b側に設けても良い。

【0026】また、互いに対向する面が吸着、剥離を繰り返して駆動される静電アクチュエータの対向する面の一方に突起を設ければ良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【0027】なお、可動子11の電極13a、13bを被覆する絶縁膜14a、14bは高電圧駆動の場合に必要であるが、低電圧駆動の場合には無くても良い。

【0028】次に本発明による静電アクチュエータの第2の実施の形態の構成を図2に示す。この実施の形態の静電アクチュエータは、固定子20aと、可動子20bとを有している。固定子20aは絶縁体からなる本体部21aと、この本体部21aの表面上に形成された導電性材料からなる複数個（図面上では1個）の電極22aと、この電極22aを覆う絶縁膜23aとを有している。また可動子20bは絶縁体からなる本体部21bと、この本体部21bの表面上に形成された導電性材料からなる複数個（図面上では1個）の電極22bと、この電極22bを覆う絶縁膜23bと、この絶縁膜23bを覆う導電性材料からなる導電膜4とを備えている。なお、複数個の電極22aは少なくとも2相駆動電圧パルスが印加される。

【0029】そして固定子20aの電極22aが形成された面と、可動子20bの電極22bが形成された面を対向するように配置し、固定子20aの電極22aに+Vボルトの電圧を印加し、可動子20bの電極22bに-Vボルトの電圧を印加すれば、可動子20bは固定子20aに吸着し、また同じ極性の電圧を印加すれば、可動子20bは、固定子20aから剥離する。

【0030】上述のように構成された静電アクチュエータにおいては、可動子20bには絶縁膜23bを覆うように導電膜24が形成されているため、接触帯電により発生した電荷を導電膜24を介して逃がすことが可能となり、帯電現象による、可動子への電荷の影響を減少することができる。これにより良好かつ安定した駆動を実現することができる。なお、上記実施の形態においては、導電膜24は可動子20bに設けたが、固定子20

a)にのみ設けても良いし、固定子20a及び可動子20bの両方に設けても良い。

【0031】また、図8に示す従来の静電アクチュエータにおいて、固定子60a、60b及び可動子71の一方または両方に絶縁膜を覆うように導電膜を設ければ、良好かつ安定した可動子の駆動を実現することができることは言うまでもない。

【0032】次に本発明による静電アクチュエータの駆動方法の第1の実施の形態を図3及び図4を参照して説明する。この実施の形態の駆動方法に用いられる静電アクチュエータは、図7及び図8に示す従来の静電アクチュエータと同一の構造を有している。すなわち、この静電アクチュエータは、一对の固定子30a、30bと、可動子40とを備えている。固定子30aは複数の電極31a、32aを有しており、これらの電極31a、32aは絶縁膜33aに覆われている。また固定子30bも同様に複数の電極31b、32bを有しており、これらの電極31b、32bは絶縁膜33bに覆われている。そしてこれらの一对の固定子30a、30bは所定の隙間を持って対向配置される。一方、可動子40は、上記隙間に配置され、本体部41とこの本体部41上に形成された電極42とを有しており、これらの本体部41及び電極42は絶縁膜43a、43bによって覆われている。

【0033】次にこの静電アクチュエータの動作を説明する。

【0034】可動子40の電極42には動作中は常に配線44を介して-Vボルトの電圧が印加されている。この状態で固定子30bの電極31bに+Vボルトの電圧を印加すると、可動子40は固定子30bに引きつけられる。(図3(a)及び図4の状態(a)参照)。可動子40の表面が固定子30bの表面に接触する直前に(図4に示す時刻 $t_1$ 参照)電圧+Vボルトを印加する電極を、下側の固定子30bの電極31bから上側の固定子30aの電極32aに切り換える(図4の状態(a)参照)。これは可動子40が慣性力によって下側固定子30bに接触しようとするのを、上側固定子30aとの静電吸引力により防ぐものである。こうすることにより、可動子40は下側固定子30bに接触することなく、図4に示す状態(a)から状態(b)すなわち可動子40が上側固定子30aに吸引される状態(図3(b)参照)に移行する。

【0035】そして、可動子40が上側固定子30aに接触する直前に(図4に示す時刻 $t_2$ 参照)、電圧+Vボルトを印加する電極を、上側固定子30aの電極32aから下側固定子30bの電極31bに切り換える。すると、可動子40は上側固定子30aに接触することなく、図4に示す状態(b)から状態(c)すなわち可動子40が下側固定子30bに吸引される状態(図3(c)参照)に移行する。

【0036】そして可動子40が下側固定子30bに接触する直前に(図4に示す時刻 $t_3$ 参照)、電圧+Vボルトを印加する電極を、下側固定子30bの電極31bから上側固定子30aの電極32aに切り換える。すると、可動子40は下側固定子30bに接触することなく、図4に示す状態(c)から状態(d)すなわち可動子40が上側固定子30aに吸引される状態(図3(d)参照)に移行する。

【0037】上述のことを繰り返すことにより、可動子40を固定子30a、30bに接触することなく、駆動することが可能となるので、接触帯電による電荷の発生を防ぐことができ、これにより良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【0038】次に本発明による静電アクチュエータの駆動方法の第2の実施の形態を図5を参照して説明する。この実施の形態の駆動方法は、図3及び図4に示す第1の実施の形態の駆動方法において、電圧を印加する電極を切り換える直後のみ、印加電圧+Vボルトよりも高い電圧を印加するものである。

【0039】例えば、状態(a)から状態(b)に移行する場合は、第1の実施の形態では時刻 $t_1$ で電極31b(電極A)に印加する電圧を+Vボルトから零ボルトに、電極32a(電極B)に印加する電圧を零ボルトから+Vボルトに切り換えたが、この第2の実施の形態においては、電極Aに印加する電圧を+Vボルトから零ボルトに、電極Bに印加する電圧を零ボルトから+Vより高い電圧値に切り換え、少し経過した時点で電極Bに印加する電圧を+Vボルトにするものである。

【0040】このように印加電極を切り換える直後のみ印加電圧値を高くすることにより、可動子の慣性力に打勝つ静電吸引力を発生せしめ、可動子が固定子に接触することなくスムーズに状態の移行(例えば図5に示す状態(a)から状態(b)への移行等)を実現することを可能にし、良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【0041】次に本発明による静電アクチュエータの第3の実施の形態を図6を参照して説明する。図6は第3の実施の形態の静電アクチュエータの可動子の構成を示す斜視図である。この実施の形態の静電アクチュエータは、図3及び図4で説明した静電アクチュエータにおいて、可動子40の代わりに図6に示す可動子50を用いたものである。

【0042】この可動子50は例えばシリコン基板をエッチングすることによって形成され、本体部50aと、パッド部50b<sub>1</sub>、50b<sub>2</sub>とを有している。そして本体部50aの一对の固定子に対向する面内に、複数の貫通しない孔51が設けられている。これらの孔51は可動子50の進行方向(図6において矢印で示す方向)とほぼ直交する方向に形成される。なおこれらの孔51は側面に迄達しないよう形成されるのが望ましい。これら

の孔は、可動子50が固定子と接触しないように印加電極を切り換える際に、可動子50が固定子に近づくにつれ、その運動を防げるように働く流体（例えば、空気、水等）の粘性力による力（スクイズフィルム効果）を利用するためのものである。

【0043】なお、この実施の形態においては、静電アクチュエータの起動時に固定子からの剥離を容易にするために、可動子50の上記孔51が形成された面に上記複数個の孔51を連通するように上記孔51に比べて浅くて細い溝53が形成されている。この溝53は可動子50の進行方向に2個設けられているが、進行方向とはほぼ直交する方向に設けても良いことは言うまでもない。また可動子50と固定子との剥離が容易な場合は上記溝53は設けなくても良い。

【0044】なお、図6に示す可動子50のパッド50b<sub>1</sub>、50b<sub>2</sub>には、可動子50に外部から電圧を印加するために用いられる導線（例えば図3に示す導線4）が接続される。

【0045】以上説明したように本実施の形態の静電アクチュエータにおいては、可動子50の固定子と対向する面に貫通しない孔51が設けられていることにより、印加電極の切り換えを行えば、可動子50を固定子に接触させることなくスムーズに駆動することができ、良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【0046】なお、上記第3の実施の形態の静電アクチュエータにおいては、孔51は複数個設けたが1個でも良いことは言うまでもない。また、この孔51は可動子50の進行方向に形成しても良い。

【0047】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、良好かつ安定した駆動を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による静電アクチュエータの第1の実施の形態の構成を示す断面図。

【図2】本発明による静電アクチュエータの第2の実施の形態の構成を示す断面図。

【図3】本発明による静電アクチュエータの駆動方法の第1の実施の形態の動作を説明する動作説明図。

【図4】第1の実施の形態の駆動方法において印加される電圧の波形図。

【図5】本発明による静電アクチュエータの駆動方法の第2の実施の形態において印加される電圧の波形図。

【図6】本発明による静電アクチュエータの第3の実施の形態に用いられる可動子の構成を示す斜視図。

【図7】従来の静電アクチュエータの構成を示す斜視

図。

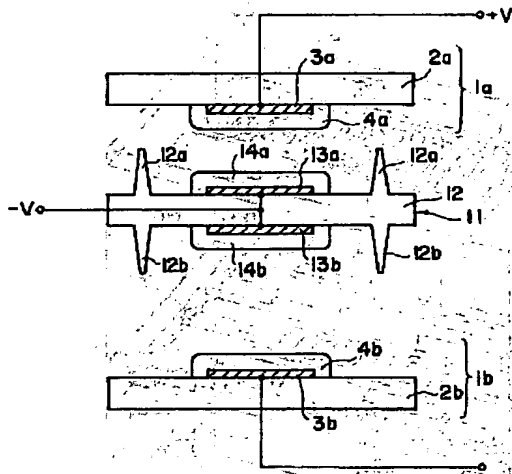
【図8】従来の静電アクチュエータの動作を説明する動作説明図。

【符号の説明】

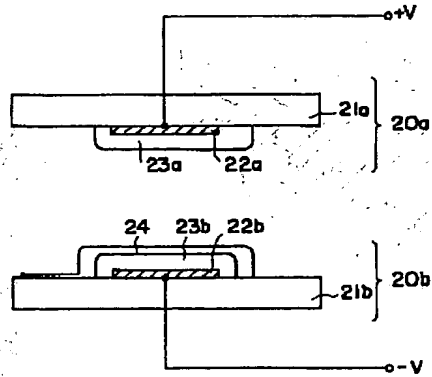
- 1 a, 1 b 固定子
- 2 a, 2 b 本体部
- 3 a, 3 b 電極
- 4 a, 4 b 絶縁膜
- 11 可動子
- 12 本体部
- 12 a 突起
- 13 a, 13 b 電極
- 14 a, 14 b 絶縁膜
- 20 a 固定子
- 20 b 可動子
- 21 a, 21 b 本体部
- 22 a, 22 b 電極
- 23 a, 23 b 絶縁膜
- 24 導電体
- 30 a, 30 b 固定子
- 31 a, 31 b 電極
- 32 a, 32 b 電極
- 33 a, 33 b 絶縁膜
- 40 可動子
- 41 本体部
- 42 電極
- 43 a, 43 b 絶縁膜
- 44 導線
- 50 可動子
- 50 a 本体部
- 50 b, 50 c パッド部
- 51 孔
- 53 溝
- 60 a, 60 b 固定子
- 61 a<sub>1</sub>, 61 a<sub>2</sub> 電極
- 61 b<sub>1</sub>, 61 b<sub>2</sub> 電極
- 62 a, 62 b 本体部
- 65 a<sub>1</sub>, 65 a<sub>2</sub> 電極パッド
- 65 b<sub>1</sub>, 65 b<sub>2</sub> 電極パッド
- 70 シリコン基板
- 71 可動子
- 72 電極
- 80 リニアガイド
- 90 a, 90 b 切断線
- 91 a, 91 b 切断線



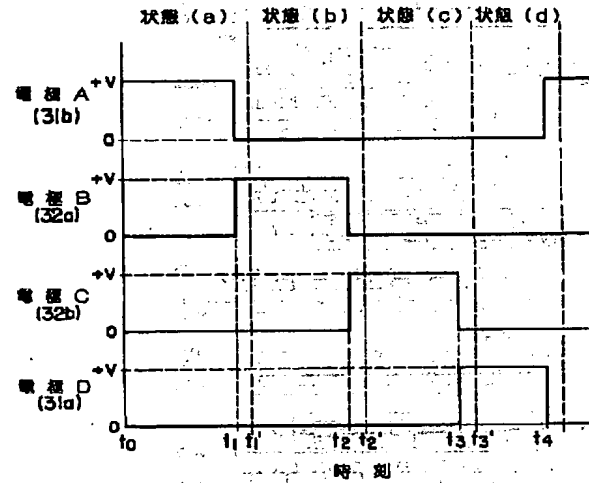
【図1】



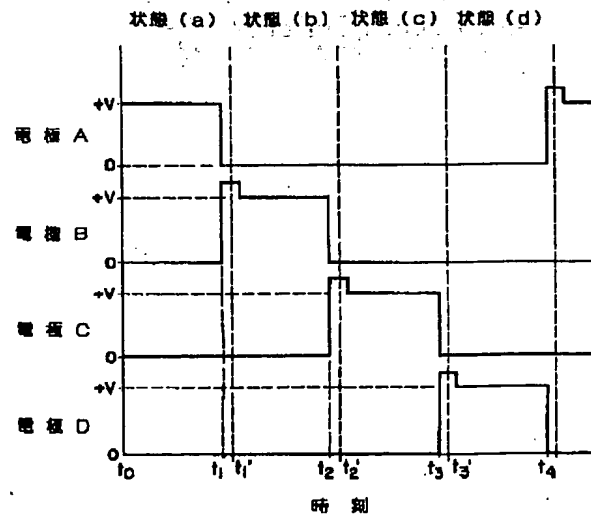
【図2】



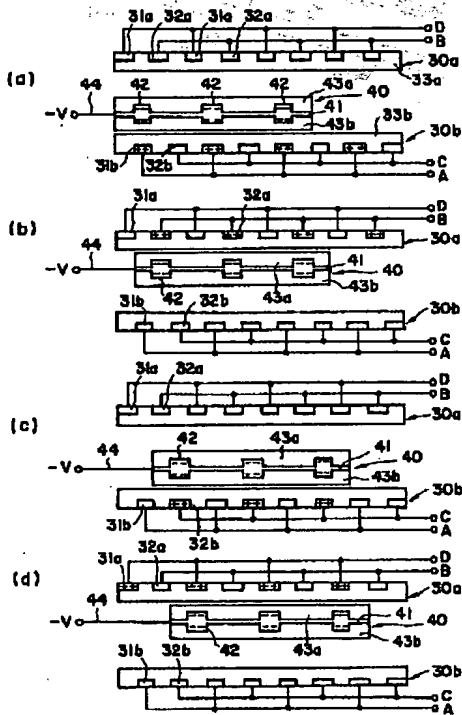
【図4】



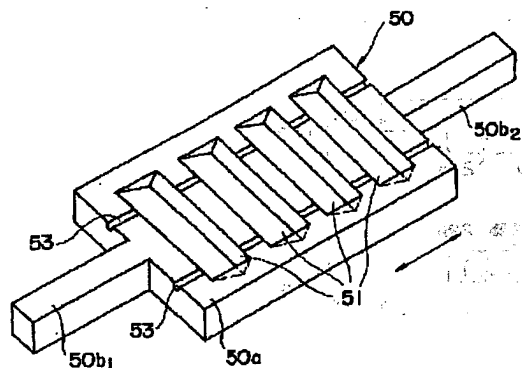
【図5】



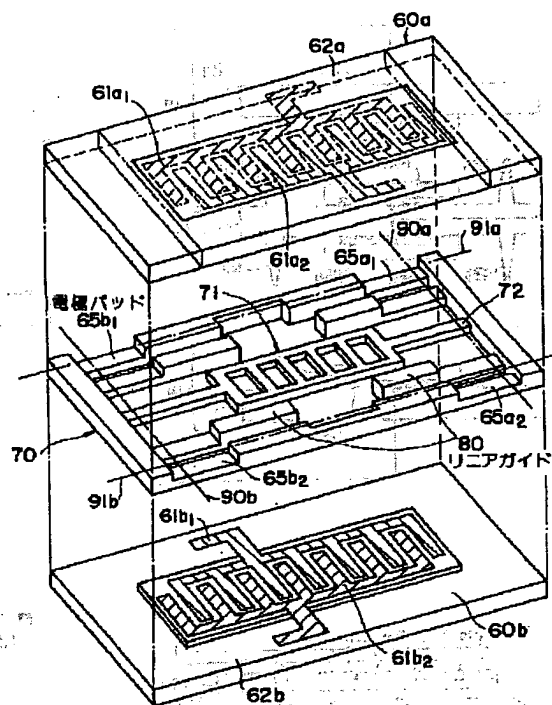
【図3】



【図6】



【図7】



【図8】

